

滴水量对中熟大豆超高产田干物质积累和产量的影响

王维俊, 章建新

(新疆农业大学 农学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

摘要:为探明超高产大豆的干物质积累和需水规律。田间研究了 975 (W_1), 1 575 (W_2), 2 175 (W_3), 2 775 (W_4) $m^3 \cdot hm^{-2}$ 共 4 种滴水量处理对中熟大豆品系 10-4 叶面积指数分布、干物质积累分配和产量的影响。结果表明:随着滴水量的增加,明显提高开花至成熟期间 0~100 cm 土层的含水量;增大主茎 6~15 节叶面积、群体中上部叶面积指数和群体光合势;显著增加总干物质积累量, W_4 和 W_3 处理总干物质积累量分别较 W_1 增加了 44.8% 和 34.7%;增加植株 6~16 节位荚数、腔数和粒数,显著增加产量, W_4 和 W_3 处理产量分别为 6 404.7 和 6 082.6 $kg \cdot hm^{-2}$, 分别较 W_1 增产 27.6% 和 21.2%。新疆伊宁地区大豆获得 6 000.0 $kg \cdot hm^{-2}$ 产量,其生育期间田间适宜总滴水量为 2 175~2 775 $m^3 \cdot hm^{-2}$,最大叶面积指数 5.15~5.46,总干物质积累量 13 500.0~14 514.0 $kg \cdot hm^{-2}$,经济系数为 0.39。

关键词:大豆;中熟超高产;滴水量;干物质积累

中图分类号:S565.1

文献标识码:A

DOI:10.11861/j.issn.1000-9841.2015.01.0060

Effect of Different Quantities of Drip Irrigation on Dry Matter Accumulation and Yield of Mid-mature Soybean for Super-high-yielding Production

WANG Wei-jun, ZHANG Jian-xin

(Agronomic College of Xinjiang Agricultural University, Urumchi 830052, China)

Abstract: In order to make it clear the rule of dry matter accumulation and water requirement of the super-high-yielding production of soybeans, 4 different dripping amount of 975 (W_1), 1575 (W_2), 2175 (W_3), 2775 $m^3 \cdot ha^{-1}$ (W_4) 4 treatments were used for the mid-mature soybean lines 10-4 to study the effect of different dripping amount on leaf area index, dry matter accumulation and yield. The results showed that with the increase of the dripping amount of water, the soil moisture of 0-100 cm soil was significantly improved from flowering stage to maturity; the leaf area of the 6-15 nodes on main stem, the leaf area index and leaf area duration of upper groups and total dry matter accumulation were significantly increased. The treatment of W_4 , W_3 compared to the W_1 of total dry matter accumulation was increased by 44.8%, 34.7%, respectively; Increase in the number of pods of 6-16 nodes, cavities and grains, thus significantly increased the production. The yields of treatment W_4 , W_3 were to 6 404.7 $kg \cdot ha^{-1}$, 6 082.6 $kg \cdot ha^{-1}$, respectively, compared with W_1 were increased of 27.6% and 21.2%. In Yining soybean get 6 000.0 $kg \cdot ha^{-1}$ production, the most appropriate total dripping amount of field in the whole growth period was 2 175-2 775 $m^3 \cdot ha^{-1}$, the maximum leaf area index was 5.15-5.46, total dry matter accumulation was 13 500.0-14 514.0 $kg \cdot ha^{-1}$, the harvest index was 0.39.

Keywords: Soybean; Mid-mature and super-high-yielding; Dripping amount; Dry matter accumulation

新疆地处我国西北内陆干旱区,农业生产完全依靠灌溉。灌溉水资源匮乏是限制农业发展的重要因素,发展节水灌溉农业是必然选择。大豆需水量较高,根系却不发达,在豆类作物中对缺水最敏感^[1]。与沟灌相比滴灌大豆增产、节水^[2,3]。滴灌大豆节水、增产潜力大,并在新疆多次创造了大豆全国高产纪录^[4,5]。盆栽试验结果表明,不同生育时期干旱导致大豆产量损失的大小顺序为:荚期 > 花期 > 营养生长期 > 鼓粒期^[6]。开花期、结荚期和鼓粒期干旱对产量影响最大^[7]。有关滴水量对大豆生长及产量影响的研究很少^[8,9],滴灌大豆高产需水规律不清楚。本文在田间系统地研究了不同滴水量对中熟大豆品种干物质积累和产量的影响,为滴灌

大豆高产高效栽培提供依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验设计

试验于 2013 年在新疆伊宁县农业科技示范园区(萨地克于孜乡)内进行。试验地为砂土,0~20 cm 土层土壤有机质 1.8%、碱解氮 56.6 $mg \cdot kg^{-1}$ 、速效磷 19.2 $mg \cdot kg^{-1}$ 、速效钾 98 $mg \cdot kg^{-1}$,前茬甜菜。供试大豆品系为 10-4,4 月 8 日施磷酸二铵 150 $kg \cdot hm^{-2}$,4 月 11 日人工开沟条播,行距按宽行 50 cm、窄行 30 cm 配置,4 月 28 日出苗;5 月 8 日定苗,理论保苗 25 万株 $\cdot hm^{-2}$;定苗后田间铺设毛管,毛管按

收稿日期:2014-04-30

基金项目:国家自然科学基金(31160266)。

第一作者简介:王维俊(1985-),男,硕士,主要从事作物生理研究。E-mail:1429243721@qq.com。

通讯作者:章建新(1962-),男,教授,博导,主要从事大豆高产栽培生理研究。E-mail:zjxin401@126.com。

“1管2行”配置,毛管位于窄行距中间;6月20日滴头水;分别在6月20日和7月4日随水各滴施尿素 $150\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,累计滴施尿素 $300\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;人工除草3次,8月24日~9月1日完全成熟时收获。

试验设 $975(W_1)$ 、 $1575(W_2)$ 、 $2175(W_3)$ 、 $2775(W_4)\text{ m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ 共4种滴水量处理,各处理的面积均为 $4.8\text{ m}\times 30\text{ m}=144\text{ m}^2$,田间接顺序排列,各处理间留80 cm的隔离带。每处理均安装水表控制滴水量,具体滴水时期和滴水量见表1。

表1 不同处理的滴水量和滴水日期

Table 1 Irrigation treatment of soybean at different dates for the field experiment

处理 Treatment	滴水日期 Irrigation date(month-day)				滴水总量 Total quantities of drip water/ $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$
	06-20	07-04	07-20	08-06	
W_1	300	300	225	150	975
W_2	450	450	375	300	1575
W_3	600	600	525	450	2175
W_4	750	750	675	600	2775

1.2 测定项目与方法

1.2.1 土壤含水量 自始花期每隔7 d用土钻在各处理宽行中间,按每20 cm一层分5层取0~100 cm土样,重复3次,用烘干法测定各土层含水量,各处理在灌水前和灌水后12 h加测1次0~40 cm土层含水量。

1.2.2 叶面积及干物质 各处理分别在6月7日、6月26日、7月12日、7月29日和8月19日取具代表性样5株,自子叶节处剪断,将茎、叶片、叶柄、荚壳和粒分开,用长宽系数法逐节测定各节的叶面积后,105℃下杀青30 min,80℃下烘干至恒重后称重。

1.2.3 产量及其垂直分布 成熟期各处理在小区中间实收 4.8 m^2 ,重复3次,人工脱粒称重后,随即称取100 g烘干测定含水量,计算折合籽粒产量(含水量13.5%)。各处理连续取20株,逐株测定主茎各节的腔数、粒数、百粒重等。

1.3 数据分析

光合势($\text{m}^2\cdot\text{d}\cdot\text{m}^{-2}$) = $1/2(L_1 + L_2) \times (t_2 - t_1)$, 式中, L_1 和 L_2 为前后两次测定的叶面积指数, t_1 和 t_2 为前、后两次的取样时间。

结实率(%) = 粒数/(粒数 + 空腔数) × 100

采用SPSS 19.0统计分析软件进行数据分析,用Sigmaplot-10.0软件绘图。

2 结果与分析

2.1 不同滴灌量对0~100 cm土层含水量的影响

由图1可见,各处理0~40 cm土层含水量在滴水前、后呈现“谷、峰”的连续变化趋势,随着滴水量增加,含水量谷值和峰值显著提高,表现为 $W_4 > W_3 > W_2 > W_1$,并且0~20 cm土层的峰值明显大于20~40 cm土层的峰值;40~60 cm土层含水量却无“谷、峰”变化,呈现一直下降的趋势,并且自开花结荚期后处理间的差异逐渐增大,表现为 $W_4 > W_3 > W_2 > W_1$,处理间7月21日~8月28日期间的80~100 cm土层含水量差异明显大于40~60 cm和60~80 cm土层。增加滴水直接增加0~40 cm土层的含水量,明显减少大豆生育后期40~100 cm土层的贮水消耗量,并以80~100 cm土层的贮水消耗降幅较大。

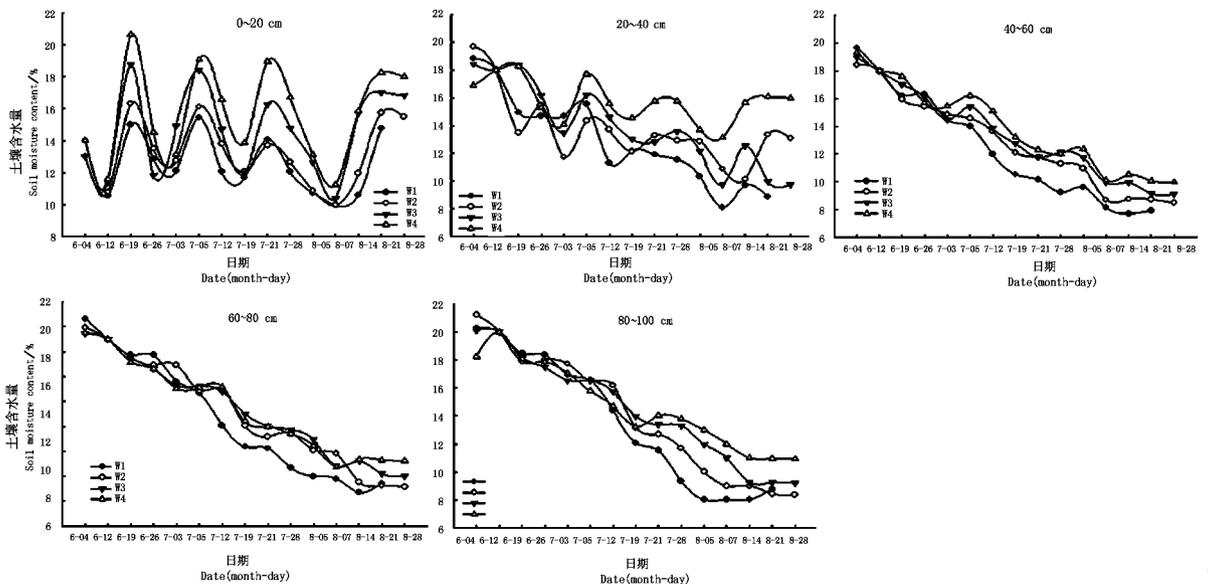


图1 各处理土壤含水量动态变化

Fig. 1 Changes of soil water content in different drip water treatments

2.2 不同滴水量对叶面积指数及其分布的影响

各处理叶面积指数随生育进程推移呈先升后降的变化趋势(图2A),均于7月12日达到峰值,且 W_4 峰值(5.46)较 W_1 高22.5%,6月26日后处理间叶面积指数差异达显著水平,均表现为 $W_4 > W_3 > W_2 > W_1$;6月26日处理间叶面积指数差异是

6~10节位的叶片大小差异所导致(图2C)、7月12日则是6~13节位的叶片大小差异所导致(图2D),7月29日则是6~15节位的叶片大小差异所导致(图2E),8月19日 W_1 叶片已落完,其余处理6~16节叶片仍未脱落(图2F)。增加滴水量显著增加叶面积指数主要是6~15节叶面积增大的结果。

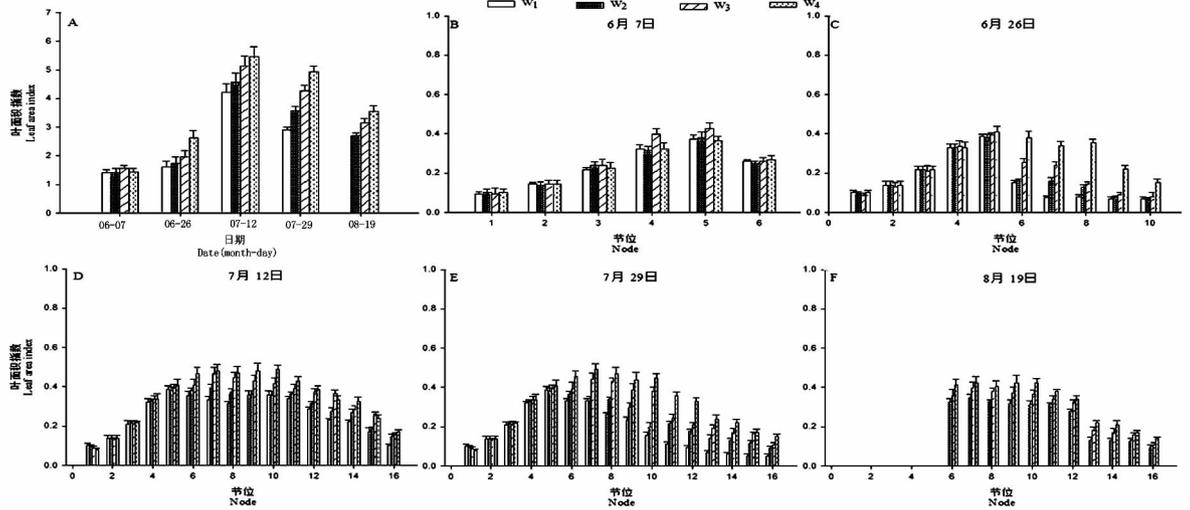


图2 叶面积指数及其垂直分布

Fig. 2 Leaf area index and its vertical distribution

2.3 不同滴水量对光合势和干物质积累的影响

由图3可见,各处理光合势均于7月12~29日达到最大,后略有小幅下降;处理间光合势差异显著,均表现为 $W_4 > W_3 > W_2 > W_1$,且以7月12~29日处理间差异最大;随滴水量的增加,总光合势由 W_1 的 $160.8 \text{ m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{m}^{-2}$ 增加到 W_4 的 $264.0 \text{ m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{m}^{-2}$,

7月29日干物质质量由 W_1 的 $1056.3 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ 增加到 W_3 和 W_4 的 1410.7 和 $1547.0 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$,分别增加33.6%和46.5%。增加滴水量,显著增加生育中、后期的光合势和总干物质积累量。

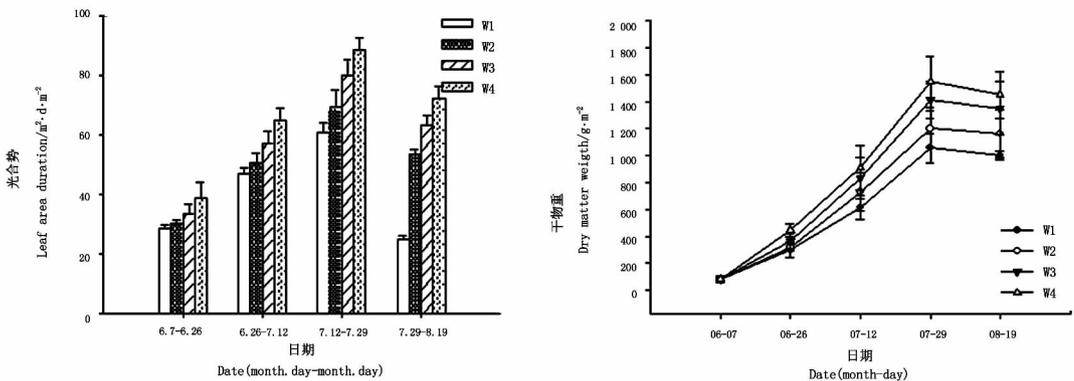


图3 各处理光合势及干物质动态变化

Fig. 3 Changes of leaf area duration and dry matter weight in different drip water treatments

2.4 不同滴水量对大豆群体干物质分配影响

由表2可见,随着滴水量的增加,各器官干重和总干物质积累量均显著增加,7月29日茎干重、叶片干重分别占总干重百分比由 W_1 的24.4%、22.8%,上升到 W_4 的28.0%、25.0%,此期的荚皮和粒重分别占总干重百分比由 W_1 的21.9%、

20.9%,下降到 W_4 的20.0%、17.0%;8月19日茎秆重占总干重百分比由 W_1 的13.9%,下降到 W_4 的13.1%,籽粒重占总干重百分比由 W_1 的36.6%上升到 W_4 的39.2%。增加滴水量,在增加各器官和总干物质积累量的同时,也提高经济系数,但推迟茎中干物质向籽粒的转移过程。

表 2 大豆干物质积累量及其分配

Table 2 The distribution and accumulation of dry matter weight of soybean

日期 Date	处理 Treatment	单位面积干物质积累量 Dry matter accumulation per square meter/g · m ²						分配比例 Distribution rate/%				
		茎 Stem	叶 Leaf	叶柄 Petiole	荚壳 Pod	籽粒 Seed	总重 Total	茎 Stem	叶 Leaf	叶柄 Petiole	荚壳 Pod	粒 Seed
06-07	W ₁	10.5	54.2	15.9	-	-	80.6	13.1	67.2	19.7	-	-
	W ₂	10.5	54.2	14.9	-	-	79.6	13.2	68.0	18.8	-	-
	W ₃	10.7	53.8	15.8	-	-	80.3	13.3	67.1	19.6	-	-
	W ₄	10.8	55.2	14.5	-	-	80.5	13.4	68.6	18.0	-	-
06-26	W ₁	116.0	123.7	50.3	7.4	-	297.4	39.0	41.6	16.9	2.5	-
	W ₂	121.4	133.4	52.2	4.9	-	317.9	39.4	42.0	17.0	1.6	-
	W ₃	147.7	154.6	57.6	4.7	-	364.6	40.5	42.4	15.8	1.3	-
	W ₄	187.1	188.9	64.0	4.4	-	444.4	42.1	42.5	14.4	1.0	-
06-26	W ₁	176.2	207.5	90.2	98.8	41.1	613.9	28.7	33.8	14.7	16.1	6.7
	W ₂	226.8	256.0	87.5	118.1	40.8	729.3	31.1	35.1	12.0	16.2	5.6
	W ₃	282.0	290.3	104.8	118.1	36.6	831.8	33.9	34.9	12.6	14.2	4.4
	W ₄	319.8	322.5	105.4	135.4	25.4	908.5	35.2	35.5	11.6	14.9	2.8
07-29	W ₁	257.7	240.8	105.6	231.3	220.8	1056.3	24.4	22.8	10.0	21.9	20.9
	W ₂	310.0	299.0	112.3	257.5	241.7	1200.5	25.4	24.5	9.2	21.1	19.8
	W ₃	371.0	331.5	136.8	282.2	289.2	1410.7	26.3	23.5	9.7	20.0	20.5
	W ₄	433.2	386.8	154.7	309.4	263.0	1547.0	28.0	25.0	10.0	20.0	17.0
08-19	W ₁	139.3	232.5	101.2	162.4	366.8	1002.2	13.9	23.2	10.1	16.2	36.6
	W ₂	157.0	273.4	108.2	178.0	446.7	1163.3	13.5	23.5	9.3	15.3	38.4
	W ₃	176.9	311.9	125.6	206.6	529.2	1350.0	13.1	23.1	9.3	15.3	39.2
	W ₄	190.1	339.6	130.6	222.1	568.9	1451.4	13.1	23.4	9.0	15.3	39.2

2.5 不同滴水量对大豆产量的影响

由表 4 可见,处理间产量差异达显著,以 W₄ (6 404.7 kg · hm²) 和 W₃ (6 082.6 kg · hm²) 最高,分别比 W₁ (5 017.4 kg · hm²) 增加 27.7%、21.2%; W₄ 和 W₃ 的单株荚数分别比 W₁ 多 11.68 和 5.6

个;单株粒数分别比 W₁ 多 30.33 粒、16.88 粒;处理间百粒重和结实率差异不显著。处理间第 6~17 节的荚数、腔数和粒数差异显著,多表现为 W₄ > W₃ > W₂ > W₁。增加第 6~17 节的荚数、腔数和粒数是增加滴水量增产的主要原因。

表 3 产量及其构成因素

Table 3 Yield and its components

处理 Treatment	收获株数 Plant number/10 ⁴ plant · hm ⁻²	单株荚数 Pods per plant	单株粒数 Seeds per plant	百粒重 100 - seed weight/g	结实率 Seed setting rate/%	产量 Yield/kg · hm ²
W ₁	23.25 aA	36.23 cC	96.60 cC	22.78 aA	89.79 aA	5017.4 dD
W ₂	23.25 aA	42.14 bB	114.24 bB	22.18 aA	88.68 aA	5880.2 bB
W ₃	23.40 aA	41.83 abAB	113.28 bB	22.97 aA	88.99 aA	6082.6 abAB
W ₄	22.50 aA	47.91 aA	126.93 aA	22.43 aA	90.20 aA	6404.7 aA

大、小写字母分别表示在 1% 和 5% 水平上差异显著;W₁ 处理 8 月 24 日收获,其他处理 9 月 1 日收获。

Value followed by different letters are significantly different at 1% (capital letter) and 5% (lowercase letter) probability levels, respectively. The W₁ treatment was harvested on 24th, August, and the rest were harvested on 1st, September.

3 结论与讨论

盆栽试验结果表明,结荚期干旱减产幅度大于鼓粒期和开花期^[7],初花期和鼓粒期干旱使大豆叶面积变小,根系生长受抑制^[10]。田间试验结果表明,花荚期干旱减产幅度明显大于鼓粒期干旱减产幅度^[11];随着花期、荚期的滴水量增加,中黄 35 (生育期 138 d) 产量增加,获得 6 120 kg · hm² 产量的滴

水量为 2 602.5 m³ · hm²。大豆植株不同层次叶、荚、粒的对应关系和籽粒产量空间分布与高产密切相关^[13-14]。主茎上粒数和荚数的垂直分布是花、叶、荚、粒垂直分布与光合物质生产垂直分布相互作用最终结果^[15]。本试验结果表明,随着花、荚期滴水量的增加,0~100 cm 土层的水分状况明显改善,促进中熟大豆品系 10-4 植株生长,显著增大 6~16 节叶面积,导致群体中上部的叶面积指数和

光合势显著增加,6~17节的荚数、腔数和粒数显著增加,最终显著增加群体干物质积累量和产量。可见,增加滴水量,增产的主要原因是大豆群体中上部的光合生产量显著增加和其相应节位荚、粒数显著增加的结果。在总滴水量为 $2\ 775\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^2$ 的条件下,获得了 $6\ 404.7\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$ 的产量。

黑农41(中熟品种)获得 $5\ 547.81\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$ 产量的最大叶面积指数为5.67,其干物质积累量 $14\ 663.1\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$ ^[16],中黄35(晚熟品种)获得 $5\ 521.5\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$ 产量的最大叶面积指数为4.31(出苗后72 d),总光合势为 $276.6\ \text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{m}^2$,生物产量为 $13\ 943.2\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$ ^[17]。本试验结果表明,中熟大豆品种获得 $6\ 082.6 \sim 6\ 404.7\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$ 产量的最大叶面积指数为5.15~5.46,出现在7月12日(出苗后75 d),总光合势为 $233.6 \sim 264.0\ \text{m}^2 \cdot \text{d} \cdot \text{m}^2$,总干物质积累量为 $13\ 500.0 \sim 14\ 514.0\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$,经济系数为0.39。

4 结论

增加滴水量,明显提高开花至成熟期间0~100 cm土层的含水量,减少40~60 cm的土壤水分消耗;显著增大主茎6~15节叶面积、群体中上部叶面积指数、光合势;显著增加总干物质积累量, W_3 、 W_4 总干物质积累量分别较 W_1 增加34.7%、44.8%;植株6~16节位荚数、腔数、粒数及产量显著增加, W_3 、 W_4 产量分别为 $6\ 082.6$ 和 $6\ 404.7\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$ 、分别较 W_1 增产21.2%、27.6%。新疆伊宁地区大豆获得 $6\ 000.0\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$ 产量,生育期间滴水4次,总滴水量为 $2\ 175 \sim 2\ 775\ \text{m}^3 \cdot \text{hm}^2$;最大叶面积指数5.15~5.46,总干物质积累量 $13\ 500.0 \sim 14\ 514.0\ \text{kg} \cdot \text{hm}^2$,经济系数0.39。

参考文献

[1] 张明才,何钟佩,田晓莉,等. SHK-6对干旱胁迫下大豆叶片生理功能的作用[J]. 作物学报,2005,31(9):1215-1220. (Zhang M C, He Z P, Tian X L, et al. Effects of plant growth regulator SHK-6 on physiological function of soybean leaves under water deficiency[J]. Acta Agronomica Sinica, 2005, 31(9): 1215-1220.)

[2] 蔡焕杰. 大田作物膜下滴灌的理论与应用[M]. 杨凌:西北农林科技大学出版社,2003:13-15. (Cai H J. The crops in open field drip irrigation under membrane theory and application[M]. Yangling: Northwest A & F University Press, 2003:13-15.)

[3] 张志新. 滴灌工程规划设计原理与应用[M]. 北京:中国水利水电出版社,2007:5-8. (Zhang Z X. Drip irrigation project planning and design principles and applications[M]. Beijing: China of Water Resources and Hydropower Press, 2007:5-8.)

[4] 罗庚彤. 中黄35在新疆创大面积高产纪录[J]. 大豆科学,2009,28(6):1118. (Luo G T, Zhan Y, Liu S L, et al. The creation of the highest yield records on Xindadou 1 and Shidadou 1 of soybean cultivars[J]. Soybean Science, 2009, 28(6):1118.)

[5] 叶兴国,肖文信,颜清上. 根植黑土地,香飘黄淮海[J]. 大豆科学,2010,29(6):909-914. (Ye X G, Xiao W X, Yan Q S. Soybean breeding achievements: from Northeast to North of China

[J]. Soybean Science, 2010, 29(6):909-914.)

[6] 韩晓增,乔云发,张秋英,等. 不同土壤水分条件对大豆产量的影响[J]. 大豆科学,2003,22(4):269-272. (Han X Z, Qiao Y F, Zhang Q Y, et al. Effects of various soil moisture on the yield of soybean[J]. Soybean Science, 2003, 22(4):269-272.)

[7] 赵宏伟,李秋祝,魏永霞. 不同生育时期干旱对大豆主要生理参数及产量的影响[J]. 大豆科学,2006,25(3):329-332. (Zhao H W, Li Q Z, Wei Y X. Effect of drought at different growth stages on main physiological parameters and yield in soybean[J]. Soybean Science, 2006, 25(3):329-332.)

[8] 毛红霞. 不同水分处理对滴灌大豆干物质积累及生理参数的影响[J]. 大豆科学,2009,28(2):247-250. (Mao H X. Effect of different drip irrigation treatments on dry matter accumulation and physiological parameters in soybean[J]. Soybean Science, 2009, 28(2):247-250.)

[9] 孙丹丹,张忠学. 滴灌大豆不同灌水量的产量与水分效应分析[J]. 东北农业大学学报,2012,43(5):100-104. (Sun D D, Zhang Z X. Study on soybean yield and water use efficiency in different drip irrigation amount[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2012, 43(5):100-104.)

[10] 谢甫缙,董钻,孙艳环,等. 不同生育期干旱对大豆生长和产量的影响[J]. 沈阳农业大学学报,1994,25(1):13-16. (Xie F T, Dong Z, Sun Y H, et al. Influence of drought on growth and yield of soybeans at different growth stages[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 1994, 25(1):13-16.)

[11] 沈融,章建新,苏广禄,等. 不同时期水分亏缺对高产大豆植株地上部分生长的影响[J]. 新疆农业大学学报,2011,34(4):297-301. (Shen R, Zhang J X, Sun G L, et al. Effect of water deficit in different period on aerial part growth of high-yield soybean plant[J]. Journal of Xinjiang Agricultural University, 2011, 34(4):297-301.)

[12] 章建新,朱倩倩,王维俊. 不同滴水量对大豆根系生长和花荚形成的影响[J]. 大豆科学,2013,32(5):609-613. (Zhang J X, Zhu Q Q, Wang W J. Effect of drip irrigation quantities on roots growth and formation of flowers and pods in soybean[J]. Soybean Science, 2013, 32(5):609-613.)

[13] 孙卓韬,董钻. 大豆株型、群体结构与产量关系的研究,第二报,大豆群体冠层的荚粒分布[J]. 大豆科学,1986,5(2):91-102. (Sun Z T, Dong Z. Studies on the relationships between plant type population structure and yield in soybean II. Seed distribution in soybean canopies[J]. Soybean Science, 1986, 5(2):91-102.)

[14] 游明安,盖均铨,吴晓春,等. 大豆产量空间分布特性的研究[J]. 大豆科学,1993,12(1):64-69. (You M A, Gai J Y, Wu X C, et al. Preliminary study on soybean yield distribution in space[J]. Soybean Science, 1993, 12(1):64-69.)

[15] 章建新,沈融,李宏琪,等. 施氮对高产大豆结实性垂直分布的影响[J]. 大豆科学,2011,30(3):424-427. (Zhang J X, Shen R, Li H Q, et al. Nitrogen effects vertical distribution of yield components of high-yield soybean[J]. Soybean Science, 2011, 30(3):424-427.)

[16] 章建新,翟云龙,薛丽华. 密度对高产春大豆生长动态及干物质积累分配的影响[J]. 大豆科学,2006,25(1):1-5. (Zhang J X, Zhai Y L, Xue L H. Effect of plant on density on growth in high yield spring soybean accumulation and distribution in high yield spring soybean[J]. Soybean Science, 2006, 25(1):1-5.)

[17] 魏建军,罗庚彤,张力,等. 中黄35超高产大豆群体的生理参数[J]. 作物学报,2009,35(3):506-511. (Wei J J, Luo G T, Zhang L. Physiological parameters of super-high yielding soybean cultivar Zhonghuang 35[J]. Acta Agronomica Sinica, 2009, 35(3):506-511.)